低聚木糖对断奶仔猪生长性能、腹泻率和血浆生化参数的影响

谭兵兵[1] 姬玉娇[1] 丁 浩[2] 李飞务[3] 周庆华[3] 孔祥峰[1*]

（1. 中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，长沙 410125；

2. 山东龙力生物科技股份有限公司，禹城 251200；3. 湖南新五丰股份有限公司，

长沙 410005）

摘 要：本文旨在评价不同剂量的低聚木糖（XOS）同时替代抗生素与氧化锌对断奶仔猪生长性能、腹泻率和血浆生化参数的影响，并筛选出其最佳 XOS 添加剂量。试验选取 28 日龄的“杜×长×大”断奶仔猪 150 头，随机分为 5 组，每组 6 重复，每重复 5 头猪。各组分别为空白对照组（不添加抗生素、氧化锌）、阳性对照组（添加抗生素、氧化锌）及 100、250 和 500 g/t XOS 添加组。记录每栏仔猪的日采食量和腹泻情况，于试验第 1、7、21 和 56 天，记录每栏仔猪的体重，计算平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比；前腔静脉采血，分离血浆，检测其生化参数。试验期 56 d。结果表明：1）试验第 8～21 天和第 1～56 天时，100 g/t XOS 组的 ADG 显著高于空白对照组（$P<0.05$）；试验第 8～21 天、第 22～56 天和第 1～56 天时，100 g/t XOS 组的 ADFI 显著高于空白对照组（$P<0.05$）。2）试验第 1～7 天时 100 和 250 g/t XOS 组以及试验第 8～21 天时 3 个 XOS 添加组的腹泻率均显著低于空白对照组（$P<0.05$），且与阳性对照组无显著差异（$P>0.05$）。3）试验第 7 天时，500 g/t XOS 组血浆天冬氨酸转氨酶（AST）和乳酸脱氢酶（LDH）活性显著高于阳性对照组（$P<0.05$）；试验第 21 天时，100 和 500 g/t XOS 组血浆丙氨酸转氨酶（ALT）活性显著高于空白对照组（$P<0.05$）；试验第 56 天时，100 g/t XOS 组血浆 ALT 活性、500 g/t XOS 组血浆 AST 活性、250 和 500 g/t XOS 组血浆碱性磷酸酶（ALP）活性均显著高于空白对照组和阳性对照组（$P<0.05$），100 g/t XOS 组血浆 LDH 活性显著高于空白对照组（$P<0.05$），500 g/t XOS 组血浆 α-淀粉酶活性显著高于阳性对照组（$P<0.05$）。上述结果表明，饲粮中添加 100～250 g/t 的 XOS 可通过调控断奶仔猪营养素代谢增强肠道健康、减少腹泻，从而促进生长；随着仔猪日龄的增加，可适当增加 XOS 的添加量。

关键词：低聚木糖；断奶仔猪；生长性能；腹泻；血浆生化参数

中图分类号：S828

收稿日期：2016-02-25

基金项目：山东龙力企业合作项目；中央驻湘科研机构技术创新发展专项（2013TF3006）；国家科技支撑计划课题（2014BAD08B06）

作者简介：谭兵兵(1988—)，男，广西北流人，硕士研究生，研究方向为畜禽营养代谢病防治。E-mail：tbb2000bbc@126.com

*通信作者：孔祥峰，研究员，博士生导师，E-mail：nnkxf@isa.ac.cn

在养猪生产中，常在仔猪教槽料和前期保育料中同时添加多种抗生素和高剂量氧化锌来预防断奶腹泻，促进仔猪生长。然而，长期使用甚至滥用抗生素类药物和高剂量氧化锌会使细菌产生抗药性，动物机体免疫力下降，造成畜产品和环境中抗生素和重金属的残留[1]。因此，近年来无公害、无残留的绿色饲料添加剂已成为研究热点。功能性寡糖作为一种安全的饲料添加剂，其研究与应用近年来备受关注[2]。国内外研究表明，寡糖类物质均具有益生元作用，而低聚木糖（XOS）更具有自身独特的性能[3]。XOS 是以玉米芯富含木聚糖的植物为原料，通过木聚糖酶水解分离精制而得的一类非消化性低聚糖，由 2～7 个木糖以β-1,4 糖苷键连接而成，部分含有阿拉伯糖醛酸、葡萄糖醛酸侧链，其中以木二糖和木三糖为主，是一种功能性寡聚糖类益生元，其在 pH 2.5~8.0 内均稳定，同时还具有耐高温特性[4-5]。XOS 被证实为双歧杆菌的增殖因子，能促进双歧杆菌、乳酸杆菌的增殖，而乳酸杆菌代谢物乳酸能够降低肠道 pH，起到抑制大肠杆菌和沙门氏菌等有害菌的作用，从而提高动物的机体免疫力和生长性能[6-7]。XOS 具有特殊的物理和生理特性，可通过改善肠道菌群、促进营养物质消化吸收、提高机体免疫力等途径，促进动物生长发育。在“绿色+无抗”的发展趋势下，低聚木糖将助推无抗健康养殖新时代的到来。虽然在畜禽养殖中对 XOS 的研究较多，但是用 XOS 同时替代抗生素与氧化锌的研究却鲜有报道。因此，本研究通过饲粮添加 XOS 试验，系统评估不同剂量的 XOS 替代抗生素与氧化锌对断奶仔猪生长性能、腹泻率和血浆生化参数的影响，筛选出其最佳添加剂量，为其在市场上的推广应用提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物、分组与饲养管理

动物试验在中国科学院亚热带农业生态研究所与湖南新五丰公司共建的永安动物实验基地开展。试验选用 21 日龄断奶的“杜×长×大”仔猪 150 头。根据体重随机分为 5 个组，每组 6 个重复，每个重复 5 头猪，公、母比例尽量保持一致。各组分别为空白对照组（不添加抗生素、氧化锌）、阳性对照组（添加 0.04 kg/T 速大肥、0.2 kg/T 抗敌素、3 kg/T 氧化锌）及 100、250 和 500 g/t XOS 添加组。试验使用的 XOS 由山东龙力生物科技有限公司提供（主要成分为木二糖、木三糖和木四糖，XOS 含量≥35%），根据前人相关研究报道[3,7]和生产厂家建议确定本研究中 XOS 的添加剂量。断奶后第 1 周饲喂相同的商品乳猪教槽料；试验从 28 日龄[（平均体重 7.00±0.45） kg]开始，至体重 30 kg 结束，试验期 56 d。记录每栏仔猪的日采食量和腹泻情况，定期称取每栏仔猪的体重。饲喂、饮水和免疫等饲养管理按商业养殖场规范操作。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（饲喂基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (as fed basis)　　%

项目 Items	前期保育料（7～15 kg） Early nursery feed (7 to 15 kg)[3]	后期保育料（16～30 kg） Late nursery feed (16 to 30 kg)
原料 Ingredients		
玉米 Corn	220.0	695.0
碎米 Broken rice	250.0	
小麦粉 Wheat flour	120.0	
葡萄糖 Glucose	30.0	
豆粕 Soybean meal (46% CP)	105.0	
豆粕 Soybean meal (43% CP)		160.0
膨化大豆 Puffed soybean	100.0	
发酵豆粕 Fermented soybean	25.0	40.0
大豆浓缩蛋白 Soybean protein concentrate		20.0
鱼粉 Fish meal	30.0	10.0
低蛋白乳清粉 Low-protein whey powder	50.0	
鸡蛋粉 Egg powder	5.0	
麦麸 Wheat bran		20.0
豆油 Soybean oil	10.0	15.0
柠檬酸 Citric acid	15.0	
4%预混料 4% premix[1)]	40.0	40.0
合计 Total	1000.0	1000.0
营养水平 Nutrient levels[2)]		
消化能 DE/（MJ/kg）	14.23	13.81
粗蛋白质 CP	18.02	16.59
粗脂肪 EE	4.37	4.47
粗灰分 Ash	3.82	5.15
粗纤维 CF	2.31	2.76

钙 Ca	0.80	0.77
总磷 TP	0.55	0.57
有效磷 AP	0.40	0.33
赖氨酸 Lys	1.38	1.18
蛋氨酸 Met	0.49	0.39
苏氨酸 Thr	0.87	0.72
色氨酸 Trp	0.24	0.23

1) 预混料组成符合 NRC（2012）推荐的保育猪的营养需要量。Premix composition accorded with the recommended nutritional requirement of nursery pigs of NRC (2012).

2)计算值 Calculated value。

3)前期保育料添加氧化锌和抗生素。Early nursery feed supplemented with zinc oxide and antibiotics.

1.2 生长性能和腹泻率测定

分别于试验第 1、7、21 和 56 天，记录每栏仔猪的个体重及采食量，计算平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）；记录每栏仔猪的腹泻情况并计算腹泻率。

1.3 血浆样品采集与生化参数分析

分别于试验第 7、21 和 56 天，每栏选择 1 头平均体重断奶仔猪，前腔静脉采血 5 mL，肝素抗凝，离心分离血浆，-20 ℃保存。用日立 AC-7020 型全自动生化分析仪测定血浆中与糖代谢[葡萄糖（GLU）、α-淀粉酶（α-AMY）和乳酸脱氢酶（LDH）]、氮代谢[天冬氨酸转氨酶(AST)、丙氨酸转氨酶(ALT)、碱性磷酸酶(ALP)、总蛋白(TP)和尿素(UREA)]等相关的生化参数[8]。测定方法按照试剂盒（由北京利德曼公司提供）说明进行。

1.4 数据分析

以栏或猪为单位，统计相应数据，进行方差分析（ANOVA），采用 LSD 法进行多重比较。数据以平均值±标准误表示。P<0.05 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 XOS 对断奶仔猪生长性能的影响

由表 2 可见，试验第 8～21 天、第 22～56 天和第 1～56 天，ADFI 均为 100 g/t XOS 组最高，且显著高于空白对照组（P<0.05）。试验第 8～21 天和第 1～56 天，ADG 也是 100 g/t XOS 组最高，且显著高于空白对照组（P<0.05）。各组的料重比和末重均无显著差异（P>0.05），但 100 g/t XOS 组末重略高于其他各组。250 和 500 g/t XOS 组各生长性能指标与空白对照组

和阳性对照组均无显著差异（P>0.05）。

表 2　不同饲喂时间各组断奶仔猪的生长性能

Table 2　Growth performance of weaned piglets in all groups at different feeding times (n=6)

时间 Time/d	项目 Items	空白对照组 Blank control group	XOS 添加组 XOS-supplemented groups/（g/t）			阳性对照组 Positive control group
			100	250	500	
1～7	始重 IW/kg	6.81±0.30	6.94±0.16	7.02±0.12	6.84±0.14	6.97±0.16
	平均日采食量 ADFI/（g/d）	284.3±23.2	303.3±27.6	317.2±27.4	292.6±28.3	274.3±21.7
	平均日增重 ADG/（g/d）	187.0±13.8	210.5±32.0	190.5±41.5	196.4±24.6	184.8±20.5
	料重比 F/G	1.53±0.10	1.64±0.04	1.51±0.09	1.53±0.07	1.51±0.06
8～21	平均日采食量 ADFI/（g/d）	415.8±20.6^{b}	547.9±42.9^{a}	487.4±16.9^{ab}	495.0±36.7^{ab}	491.1±16.9^{ab}
	平均日增重 ADG/（g/d）	242.6±19.3^{b}	309.1±25.8^{a}	275.7±10.1^{ab}	291.1±25.0^{ab}	299.5±17.4^{ab}
	料重比 F/G	1.74±0.09	1.79±0.11	1.77±0.12	1.71±0.03	1.66±0.08
22～56	平均日采食量 ADFI/（g/d）	956.7±35.2^{b}	1 071.5±52.9^{a}	1 026.9±29.8^{ab}	1 024.9±35.3^{ab}	980.0±14.9^{ab}
	平均日增重 ADG/（g/d）	547.3±16.1	590.6±21.7	577.9±17.2	560.5±14.1	569.1±18.9
	料重比 F:G	1.75±0.05	1.81±0.04	1.78±0.02	1.83±0.05	1.73±0.5
1～56	平均日采食量 ADFI/（g/d）	750.8±29.4^{b}	857.1±42.9^{a}	817.9±24.1^{ab}	815.5±31.2^{ab}	783.6±7.9^{ab}
	平均日增重 ADG/（g/d）	433.8±14.5^{b}	481.3±19.5^{a}	462.2±16.2^{ab}	455.8±13.6^{ab}	461.9±13.9^{ab}
	料重比 F/G	1.73±0.04	1.79±0.03	1.77±0.02	1.79±0.03	1.70±0.05
	末重 FW/kg	30.67±1.01	33.41±1.14	32.44±0.92	31.91±0.78	32.37±0.92

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the

same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 XOS 对断奶仔猪腹泻率的影响

由表 3 可见，试验第 1～7 天，100 和 250 g/t XOS 组以及阳性对照组的腹泻率均显著低于空白对照组（P<0.05），且 3 个组间差异不显著（P>0.05）。试验第 8～21 天，3 个 XOS 添加组和阳性对照组的腹泻率均显著低于空白对照组（P<0.05），且 4 个组间差异不显著（P>0.05）。试验第 22～56 天，各组的腹泻率均较低，且各组间差异不显著（P>0.05）。试验第 1～56 天，3 个 XOS 添加组的腹泻率均低于空白对照组，但差异不显著（P>0.05），阳性对照组的腹泻率显著低于空白对照组（P<0.05）。

表 3 不同饲喂时间各组断奶仔猪的腹泻率

Table 3 Diarrhea rate of weaned piglets in all groups at different feeding times (n=6) %

时间 Time/d	空白对照组 Blank control group	XOS 添加组 XOS-supplemented groups/（g/t） 100	250	500	阳性对照组 Positive control group
1～7	16.19±1.59[a]	11.90±0.88[b]	10.48±1.90[b]	13.33±1.14[ab]	10.48±0.42[b]
8～21	13.81±1.09[a]	11.19±0.57[b]	10.24±0.44[b]	9.76±0.44[b]	9. 76±0.68[b]
22～56	1.71±0.30	1.24±0.23	1.33±0.12	1.24±0.23	1.14±0.21
1～56	6.82±0.47[a]	5.92±0.34[ab]	5.88±0.27[ab]	6.10±0.25[ab]	5.58±0.34[b]

2.3 XOS 对断奶仔猪血浆生化参数的影响

由表 4 可见，各时间点各组的血浆 GLU 含量均无显著差异（P>0.05）。试验第 7 天时，500 g/t XOS 组血浆 LDH 活性显著高于阳性对照组（P<0.05）；试验第 21 天时，500 g/t XOS 组血浆 LDH 活性显著高于 250 g/t XOS 组（P<0.05）；试验第 56 天时，500 g/t XOS 组血浆 α-AMY 活性显著高于阳性对照组（P<0.05），100 g/t XOS 组血浆 LDH 活性显著高于空白对照组（P<0.05）。

表 4 不同饲喂时间各组断奶仔猪糖代谢相关血浆生化参数

Table 4 Plasma biochemical parameters related to glucose metabolism of weaned piglets in all groups at different feeding times (n=6)

时间 Time/d	项目 Items	空白对照组 Blank control group	XOS 添加组 XOS-supplemented groups/（g/t） 100	250	500	阳性对照组 Positive control group
7	葡萄糖	6.36±0.25	6.06±0.35	5.96±0.16	5.64±0.27	5.83±0.27

21	GLU/	7.57±0.83	6.96±0.36	6.75±0.27	7.74±0.53	7.48±0.34
56	（mmol/L）	5.37±0.40	5.25±0.39	5.95±0.30	6.30±0.38	5.70±0.47
7	α -淀粉酶	2 734.5±438.5	2 232.5±296.3	2 054.2±322.0	2 094.5±276.8	1 968.3±274.9
21	α-AMY/	2 141.5±182.8	2 692.3±378.9	1 953.1±362.0	2 580.9±324.3	2 531.5±246.1
56	（U/L）	2 546.0±468.5^{ab}	2 226.7±273.4^{ab}	3 043.4±397.6^{ab}	3 334.7±448.6^{a}	2 150.2±350.6^{b}
7	乳酸脱氢酶	506.60±48.42^{ab}	475.75±42.79^{ab}	419.85±22.42^{ab}	536.17±59.57^{a}	411.63±16.19^{b}
21	LDH/（U/L）	475.82±36.45^{ab}	505.80±31.84^{ab}	428.35±22.70^{b}	613.68±90.32^{a}	538.05±73.70^{ab}
56		492.82±40.11^{b}	634.40±42.75^{a}	597.47±38.38^{ab}	591.12±49.44^{ab}	541.95±36.94^{ab}

由表 5 可见，试验第 7 天时，500 g/t XOS 组和空白对照组血浆 AST 活性、空白对照组血浆 ALP 活性和 TP 含量均显著高于阳性对照组（P<0.05）；试验第 21 天时，100 和 500 g/t XOS 组血浆 ALT 活性显著高于空白对照组（P<0.05），空白对照组血浆 UREA 含量显著高于阳性对照组（P<0.05）；试验第 56 天时，500 g/t XOS 组血浆 AST 活性显著高于空白对照组（P<0.05），250 和 500 g/t XOS 组血浆 ALP 活性均显著高于空白对照组和阳性对照组（P<0.05），100 g/t XOS 组血浆 ALT 活性显著高于 250 g/t XOS 组、空白对照组和阳性对照组（P<0.05）。

表 5　不同饲喂时间各组断奶仔猪氮代谢相关血浆生化参数

Table 5　Plasma biochemical parameters related to nitrogen metabolism of weaned piglets in all groups at different feeding times (n=6)

时间 Time/d	项目 Items	空白对照组 Blank control group	XOS 添加组 XOS-supplemented group/（g/t）			阳性对照组 Positive control group
			100	250	500	
7	天冬氨酸	54.48±6.96^{a}	49.80±6.80^{ab}	42.98±1.69^{ab}	56.40±7.35^{a}	37.10±1.75^{b}
21	转氨酶	63.93±8.57	66.55±4.69	67.67±13.19	70.77±7.34	87.50±14.26
56	AST/（U/L）	49.75±3.61^{b}	65.92±5.93^{ab}	66.32±5.06^{ab}	67.75±9.76^{a}	53.30±4.33^{ab}
7	丙氨酸转	44.08±6.45	41.00±5.37	43.37±2.66	38.92±3.69	38.03±3.63
21	氨酶	35.52±3.64^{b}	49.32±4.59^{a}	43.68±3.71^{ab}	49.05±2.01^{a}	44.52±5.42^{ab}

56	ALT/（U/L）	40.27±1.95^{b}	52.35±1.98^{a}	44.87±2.53^{b}	45.92±3.40^{ab}	43.07±1.71^{b}
7	碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	363.2±34.8^{a}	341.5±39.4^{ab}	331.6±38.6^{ab}	347.6±26.3^{ab}	254.4±27.2^{b}
21		173.8±20.25	227.9±27.55	204.9±32.57	221.7±14.51	189.1±11.82
56		153.4±7.59^{b}	163.4±7.31^{ab}	195.7±20.72^{a}	200.5±13.08^{a}	155.9±14.04^{b}
7	总蛋白 TP/（g/L）	48.90±2.01^{a}	46.17±1.43^{ab}	46.62±1.23^{ab}	48.12±0.76^{ab}	44.77±1.20^{b}
21		49.57±1.64	49.72±1.44	50.12±1.80	51.95±2.39	48.28±1.47
56		61.50±2.56	63.82±1.67	59.52±1.02	59.33±1.10	61.92±2.15
7	尿素 UREA/（mmol/L）	3.21±0.32	4.27±0.52	3.67±0.55	3.63±0.30	3.77±0.30
21		5.16±0.43^{a}	4.63±0.67^{ab}	4.50±0.48^{ab}	4.44±0.56^{ab}	3.37±0.52^{b}
56		3.09±0.24	3.79±0.39	3.65±0.21	3.59±0.39	3.77±0.20

3 讨 论

3.1 XOS 对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

由上述生长性能结果可见，饲粮添加 100～250 g/t 的 XOS 可在一定程度上提高断奶仔猪的采食量与增重，缓解断奶应激引起的仔猪腹泻，这与国内外相关研究报道一致。林渝宁等[9]和赵静杰等[10]在饲粮中添加 0.02%的 XOS，可显著提高断奶仔猪的 ADG，降低料重比，对腹泻也有改善作用；杨海英等[3]在饲粮中添加 0.02%的 XOS，能显著降低仔猪的料重比，但不影响日增重和采食量。上述结果可能与 XOS 的物理特性有关，XOS 的甜度约为蔗糖的 60%左右，用作甜味剂可诱导仔猪采食；XOS 可改善肠道健康，提高肠道乳酸杆菌和双歧杆菌数量，抑制大肠杆菌生长，有利于仔猪的生长发育。

3.2 XOS 对断奶仔猪血浆生化参数的影响

本试验检测的糖代谢相关指标包括 GLU、α-AMY 和 LDH。血浆 GLU 含量受胰岛素和胰高葡萄糖素等激素的调节，与动物采食量、机体营养状况和应激水平也呈强相关[11]。在本研究中，试验各组的血浆 GLU 含量均无显著变化，提示饲粮添加 XOS 后不会引起血浆 GLU 含量的升高。这主要由于 XOS 能量几乎为零，因此既不影响血浆 GLU 含量，也不增

加血浆中胰岛素的含量。血浆 α-AMY 活性是反映机体消化吸收状况的一个重要指标，提高血浆 α-AMY 活性可提高机体的消化吸收能力和抗病力[12]。本研究在饲粮中添加 500 g/t 的 XOS 后，与阳性对照组相比，试验第 56 天血浆 α-AMY 活性显著升高，提示该剂量 XOS 可提高断奶仔猪的消化吸收能力，增强机体的抗病力。LDH 是一种胞内酶，在断奶过程中，仔猪的采食量降低、肠道或肌肉能量供给不足、细胞萎缩或凋亡，均可引起血浆中 LDH 活性的上升[12]。在本研究中，饲粮添加 500 g/t 的 XOS 后，试验第 7 天时血浆 LDH 活性显著高于阳性对照组，试验第 21 天时血浆 LDH 活性显著高于 250 g/t XOS 组；饲粮添加 100 g/t 的 XOS 后，试验第 56 天时血浆 LDH 活性显著高于空白对照组。这些变化是否提示 XOS 的副作用或者具体其他生理意义，尚需进一步深入研究。

反映机体氮代谢状况的生化参数包括 AST、ALT、ALP、TP 和 UREA 等。血浆 TP 含量可在一定程度上反映机体蛋白质的吸收、合成和分解状况，其含量升高表明动物对蛋白质的消化吸收能力增强，从而促进组织蛋白质的合成，有利于动物的生长发育[13]。在本研究中，试验第 7 天阳性对照组的血浆 TP 含量、试验第 21 天阳性对照组的血浆 UREA 含量均显著低于空白对照组，提示饲粮添加抗生素和高剂量氧化锌不利于仔猪对蛋白质的利用。AST 和 ALT 是反映肝脏和心脏功能的重要指标，也是动物体内重要的转氨酶，影响多种氨基酸的代谢[14]。本试验研究结果表明，饲粮中添加一定剂量的 XOS 可以提高断奶仔猪对氨基酸或肽的利用率，其中 100 g/t 的添加剂量效果较优。ALP 作为消化代谢的关键酶，能促进磷酸钙在骨骼内的贮集从而参与骨骼钙化过程，是反映健康动物成骨细胞活动的一个指标。通过测定 ALP 活性可以推断动物的生长发育状况[15]。在本研究中，试验第 7 天时，阳性对照组的血浆 ALP 活性显著低于空白对照组，提示饲粮添加抗生素和高剂量氧化锌不利于仔猪对饲粮钙的吸收；试验第 56 天时，250 和 500 g/t XOS 组血浆 ALP 活性均显著高于空白对照组和阳性对照组，说明饲粮添加 XOS 可以促进仔猪对钙的吸收，从而增加骨骼的钙化。但血浆 AST 和 ALP 活性升高通常也是应激反应的一个标志[16]，机体对氨基酸的利用及对钙的吸收是否与应激存在某种联系，还需进一步深入研究。

4 小 结

饲粮中添加 100～250 g/t 的 XOS 可以通过调控机体营养素代谢增强肠道健康，降低腹泻率，从而促进断奶仔猪的生长；随着仔猪日龄的增加，可适当增加 XOS 的添加量。

参考文献：

[1] 印遇龙,孔祥峰,李铁军.新世纪我国畜禽养殖业面临的主要问题及应对措施[J].饲料工业,2007,28(14):1–5.

[2] 庞丽姣,吴志新,熊娟,等.低聚木糖对草鱼非特异性免疫功能的影响[J].动物营养学报,2010,22(6):1687–1693.

[3] 杨海英,杨在宾,杨维仁,等.益生素和低聚木糖对断奶仔猪生产性能和肠道形态学影响研究[J].中国粮油学报,2008,23(1):116–120.

[4] JACOBSEN S E,WYMAN C E.Xylose monomer and oligomer yields for uncatalyzed hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose at varying solids concentration[J].Industrial & Engineering Chemistry Research,2002,41(6):1454–1461.

[5] 范光森,张茜,肖林,等.低聚木糖在特殊医学用途配方食品中的应用[J].中国食品添加剂,2016(2):158–165.

[6] 孔祥峰.结肠微生物氮代谢与机体健康研究进展[J].饲料与畜牧:新饲料,2013(4):10–17.

[7] 李兆勇,杨在宾,杨维仁,等.益生素和低聚木糖对仔猪生长和养分消化性能的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(1):59–65.

[8] 查伟,孔祥峰,谭敏捷,等.饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪繁殖性能和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):579–584.

[9] 林渝宁,冯静,伍淳操,等.低聚糖对断奶仔猪生长性能及血清生化指标的影响[J].四川农业大学学报,2011,29(1):94–97.

[10] 赵静杰,李小成,王景儒.低聚糖对断奶仔猪生产性能的影响[J].中国畜牧兽医,2008,35(2):23–25.

[11] 耿梅梅,印遇龙,孔祥峰,等.门静脉灌注葡萄糖对宁乡猪血液生化参数的影响[J].安徽农业科学,2010,38(5):2372–2375.

[12] 尹富贵,孔祥峰,刘合军,等.中草药对仔猪生长性能和血清生化参数的影响[J].中国科学院研究生院学报,2007,24(2):201–206.

[13] 郭小云,谢春艳,吴信,等.围产期母猪饲粮中添加低聚木糖和活性酵母对母猪繁殖性能和哺乳仔猪血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(3):838–844.

[14] LIU Y Y,KONG X F,JIANG G L,et al.Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance,carcass trait,meat quality,and plasma metabolites in pigs of different genotypes[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2015,6:36.

[15] 伍力,耿梅梅,王文策,等.哺乳藏仔猪发育期血液生化指标动态变化规律研究[J].西南农业学报,2010,23(2):570–574.

[16] 刘玉兰,郭广伦,吴志锋,等.牛膝多糖对脂多糖免疫应激仔猪血液生化指标和白细胞分类

计数的影响[J].中国饲料,2010(2):35–38,41.

Effects of Xylo-Oligosaccharide on Growth Performance, Diarrhea Rate and Plasma Biochemical Parameters of Weaned Piglets

TAN Bingbing[1] JI Yujiao[1] DING Hao[2] LI Feiwu[3] ZHOU Qinghua[3] KONG Xiongfeng[1*]

(1. *Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125, *China*; 2. *Shandong Longli Biotechnology Co., Ltd., Yucheng* 251200, *China*; 3. *Hunan Xinwufeng Co., Ltd., Changsha,* 410005, *China*)

Abstract: This study was conducted to evaluate the effects of different doses of xylo-oligosaccharide (XOS) replacing both antibiotics and zinc oxide (ZnO) on the growth performance, diarrhea rate and plasma biochemical parameters of weaned piglets, and to selected its optimal dose of dietary supplementation. A total of 150 weaned Duroc×Large White×Landrace piglets at 28 days of age were randomly assigned to five groups with 6 replicates per group and 5 piglets per replicate, representing blank control group (without antibiotics and zinc oxide), positive control group (containing antibiotics and zinc oxide) and 100, 250 and 500 g/t XOS group, respectively. Daily feed intake and diarrhea were recorded for each pen. On days 1, 7, 21 and 56 of the experiment, the body weight of piglets in each pen were recorded, and the average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and ratio of feed to gain were calculated, as well as sampling the blood of precaval vein to collect plasma for analyzing the biochemical parameters. The results showed as follows: 1) the ADG of 100 g/t XOS group on days 8 to 21 and 1 to 56 of the experiment was significantly higher than that of blank control group (P<0.05), as well as the ADFI of 100 g/t XOS group on days 8 to 21, 22 to 56 and 1 to 56 of the experiment (P<0.05). 2) The diarrhea rate of 100 and 250 g/t XOS groups on days 1 to 7 of the experiment was significantly lower than that of blank control group (P<0.05), as well as of three XOS supplemented groups on days 8 to 21 of the experiment (P<0.05), but there were no significant difference compared with the positive control group (P>0.05). 3) On days 7 of experiment, the

---

∗Corresponding author, professor, E-mail: nnkxf@isa.ac.cn (责任编辑 武海龙)

activities of aspartate aminotransferase (AST) and lactate dehydrogenase (LDH) in plasma of 500 g/t XOS group were significantly higher than those of positive control group (P<0.05); on days 21 of experiment, the activity of alanine aminotransferase (ALT) in plasma of 100 and 500 g/t XOS groups was significantly higher than that of blank control group (P<0.05); on days 56 of experiment, the activities of ALT in plasma of 100 g/t XOS group, AST in plasma of 500 g/t XOS group and alkaline phosphatase (ALP) in plasma of 250 and 500 g/t XOS groups were significantly higher than those of blank control group and positive control group (P<0.05), the activity of LDH in plasma of 100 g/t XOS group was significantly higher than that of blank control group (P<0.05), and the activity of α-amylase in plasma of 500 g/t XOS group was significantly higher than that of positive control group (P<0.05). These findings suggested that dietary supplementation with 100 to 250 g/t XOS can enhance intestinal health by regulating nutrient metabolism, reduce the diarrhea, and promote the growth of weaned piglets; with increasing age of the piglets, it may be appropriate to increase the supplementation dose of XOS

Key words: xylo-oligosaccharide; weaned piglets; growth performance; diarrhea; plasma biochemical parameters